

Растровая электронная микроскопия в строительном материаловедении

Р.С. Федюк, А.К. Смоляков, Р.А. Тимохин

*Дальневосточный федеральный университет, 690950, г. Владивосток, Россия
roman44@yandex.ru*

Исследовался синергетический эффект композиционного вяжущего с применением портландцемента, золы уноса и отсева дробления известняка. Наиболее высокий эффект достигается за счет действия техногенных пуццолановых добавок (зола уноса) и известняка при содержании: цемент 55 мас.%, известняк 5 мас.% и зола 40 мас.%. При совместном помоле до удельной поверхности $550 \text{ м}^2/\text{кг}$ образцы имеют прочность при сжатии до 77,3 МПа (прочность контрольного состава 47,5 МПа).

Raster electron microscopy for building materials science

R.S. Fediuk, A.K. Smoliakov, R.A. Timokhin

*Far Eastern Federal University, 690950, Vladivostok, Russia
roman44@yandex.ru*

The synergistic effect of the composite binder was studied using Portland cement, fly ash and screening of limestone crushing. The highest effect is achieved for man-made pozzolanic additives (fly ash) and limestone with a content of 55% by weight cement, 5% limestone and 40% ash. With co-milling to a specific surface area of $550 \text{ m}^2/\text{kg}$, the samples have a compressive strength of up to 77.3 MPa (the strength of the control composition is 47.5 MPa).

Установлено, что влияние механической и химической активации способствует увеличению пуццолановой активности кислых зол. Анализ микроструктуры показал, что частицы золы и известняка окружены гелевыми образованиями. Частицы связаны и образуют кластеры. В таком цементном камне характерно присутствие игольчатых гидросиликатных новообразований, длиной 2 мкм, а диаметром около 200 нм (Рис. 1).

За счет варьирования процента введенной золы можно управлять количеством и размером кристаллов этtringита, что в дальнейшем определяет свойства цементов и бетонов. Карбонаты же имеют плотные контакты с цементным камнем, что объясняется возникновением эпитоксических связей между продуктами гидратации цемента и известняком.

Таким образом, добавка тонкомолотого известняка является химическим фактором повышения активности взаимодействия золы и песка. Она оказывает каталитическое действие на реакцию поверхности золы и песка в процессе механической обработки в варио-планетарной мельнице. Введение минеральных добавок в состав исходного вяжущего активизирует процесс гидратации. В составе продуктов гидратации композиционных вяжущих идет перераспределение кристаллических фаз как негидратированных клинкерных минералов (C_3S , C_2S , C_4AF), кварца и кальцита, так и продуктов гидратации (CH - портландит, $3\text{C}_3\text{A} \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ - этtringит).

Гидратная структура композиционного вяжущего представлена двумя разновидностями – первичной и вторичной. Первичная структура представлена аморфными продуктами в межпоровом пространстве, образованными по сквозьрастворному механизму. Причем состав продуктов в поровом пространстве зависит от химического состава окружающих пору крупных частиц.

Проведенные исследования показывают выраженное синергетическое влияние компонентов состава вяжущего на минеральный состав продуктов гидратации и скорость взаимодействия клинкерных минералов с водой, а также на морфологию продуктов гидратации и микропористость камня.

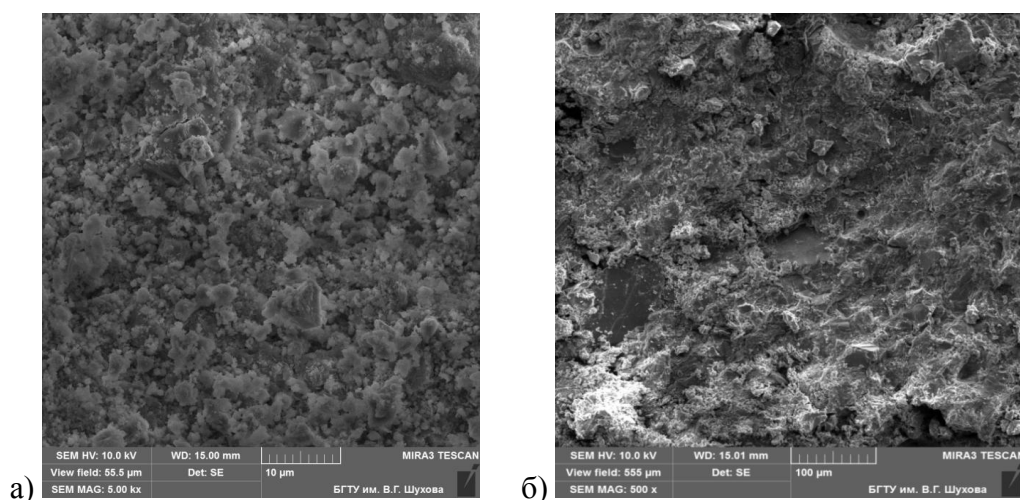


Рисунок 1- СЭМ изображения новообразований: (а) цементный камень без добавок, (б) цементный камень на основе композиционного вяжущего.

Использование композиционного вяжущего с увеличенной удельной поверхностью ускоряет процессы гидратации, приводит к образованию новых продуктов, способствующих повышению плотности цементного камня, и, как следствие, к повышению прочности и непроницаемости.

Важной особенностью цементных систем на основе таких вяжущих является существенное торможение процессов структурообразования в первые 4–8 часов после затворения с последующим интенсивным процессом кристаллизации и твердения. Процесс индукционного периода цементного теста на основе композиционных вяжущих снижается с увеличением содержания клинкерной составляющей. Длительное сохранение активности и интенсивный набор прочности цементного камня и бетона на его основе в различные, в том числе, и ранние сроки твердения является одним из достоинств этих композиционных вяжущих.

Приготовление цементного теста на композиционном вяжущем характеризуется повышенной нормальной густотой в состоянии покоя и значительным тиксотропным разжижением при механических колебаниях, обеспечивающим высокую степень их уплотнения и низкие энергозатраты на приготовление смеси.

Кроме того, при производстве бетона на разработанном композиционном вяжущем, использование заполнителей из техногенных песков является более эффективным по сравнению с традиционно используемыми природными песками. Эта особенность гранулометрического состава оказывает положительное воздействие на формирование микроструктуры цементного камня, благодаря более плотной пространственной упаковке частиц, что приводит к повышению плотности цементного камня и уменьшению микротрещин композиционного вяжущего и мелкозернистого бетона в целом.

Таким образом, используя разработанное композиционное вяжущее, можно получать особо прочные непроницаемые бетоны, однако при этом важная роль будет принадлежать типу, прочности, плотности и морфологии крупных заполнителей. При применении в качестве заполнителя отсева гранитного щебня возможно получить бетоны из подвижных смесей ($ОК=4-6$ см) прочностью более 130 Мпа, дальнейшее увеличение которой ограничивается прочностью заполнителя.